

JP2003232803

Title:
SEMICONDUCTOR TYPE ACCELERATION SENSOR

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a small-sized, thin and highly-sensitive semiconductor type acceleration sensor.

SOLUTION: This semiconductor type acceleration sensor is equipped with a mass part formed on the center part of an Si single-crystal substrate, a frame part formed on the peripheral part of the Si single-crystal substrate, a thin beam-shaped elastic part provided over the mass part and the frame part, for connecting the mass part and the frame part, and a plurality of pairs of piezoresistance elements formed on the upper face side of the elastic part. In the sensor, the sectional shape of the mass part and the frame part has a shape extending from the upper face side connected to the elastic part toward the lower face side.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-232803

(P2003-232803A)

(43) 公開日 平成15年 8 月22日 (2003. 8. 22)

(51) IntCl. ⁷	識別記号	F I	キーワード (参考)
G 0 1 P	15/12	G 0 1 P 15/12	D 4 M 1 1 2
	15/18	H 0 1 L 29/84	A
H 0 1 L	29/84	G 0 1 P 15/00	K

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2002-33696 (P2002-33696)

(22) 出願日 平成14年 2 月12日 (2002. 2. 12)

(71) 出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号

(72) 発明者 斎藤 正勝

栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式
会社O E デバイス部内

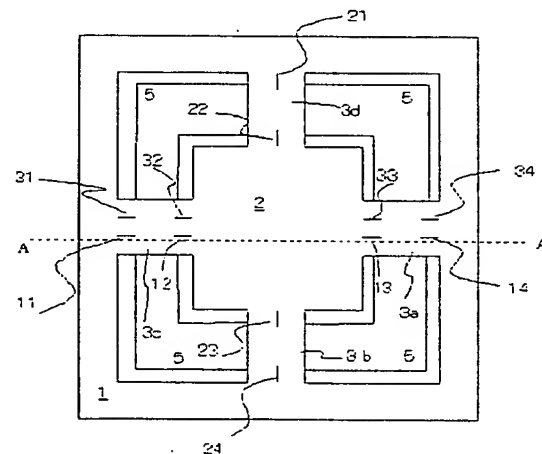
F ターム (参考) 4M112 AA02 BA01 CA21 CA22 CA24
CA27 CA32 DA03 DA04 DA09
DA10 DA11 DA15 DA16 EA03
EA06 EA07 EA10 EA11 EA13
EA14 FA01 FA20

(54) 【発明の名称】 半導体型加速度センサ

(57) 【要約】

【課題】 小型・薄型の高感度な半導体型加速度センサを提供する。

【解決手段】 S i 単結晶基板の中央部に形成された質量部と該 S i 単結晶基板の周縁部に形成された枠部と、前記質量部及び前記枠部の上方に設けられ、これら質量部及び枠部を接続する薄肉梁状の弾性部と該弾性部の上面側に形成された複数対のピエゾ抵抗素子とを具備し、前記質量部及び前記枠部の断面形状を前記弾性部に接続される上面側から下面側に向かって広がる形状とした半導体型加速度センサ。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン単結晶基板の中央部に形成された質量部と、該シリコン単結晶基板の周縁部に形成された枠部と、前記質量部及び前記枠部の上方に設けられ、該質量部及び枠部を接続する薄肉梁状の弾性部と、該弾性部の上面側に形成された複数対のピエゾ抵抗素子とを具備してなる半導体型加速度センサであって、前記質量部もしくは前記枠部内側、前記質量部及び前記枠部内側の断面形状が、前記弾性部に接続される上面側から下面側に向かって多面もしくは曲面をもって広まる形状としたことを特徴とする半導体型加速度センサ。

【請求項2】 質量部及び枠部内側の断面形状を上記弾性部に接続される上面側から下面側に向かって多面もしくは曲面をもって広まる形状とし、該断面形状を近似的に直線とするような仮想直線を引き、該近似直線と該質量部及び枠部の底面とのなす角度（側壁角度）は、80度以上90度未満であることを特徴とする請求項1に記載の半導体型加速度センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、玩具、自動車、航空機、携帯端末機器等に用いられる加速度検出用の半導体加速度センサに関するものである。

【0002】

【従来の技術】加速度センサとしては、ピエゾ抵抗効果、静電容量変化等の物理量変化を利用したものが、開発され製品化されている。これらの加速度センサは、様々な分野で広く用いることができるが、最近は、小型、高感度で、多軸方向の加速度を同時に検出できるものが要求されて来ている。

【0003】シリコン単結晶は、格子欠陥が極めて少ないために理想的な弾性体となること、半導体プロセス技術を応用することができること等の特徴を有することから、シリコン単結晶を母体として薄肉の弾性部を設け、この薄肉の弾性部に加わる応力をピエゾ抵抗効果素子によって電気信号に変換して出力とするピエゾ抵抗効果型半導体加速度センサが特に注目されている。

【0004】従来の3軸の半導体型加速度センサとしては、例えば、特開昭63-169078に記載されているものがあり、その平面図を図9に、また、図9のB-B線に沿った断面図を図10に示す。半導体加速度センサは、加速度センサ素子をセラミック等のケースにパッケージしたものであるが、本文では加速度センサ素子を加速度センサを同じものとして説明する。

【0005】全体構造について詳細に説明する。これはシリコン単結晶基板（以下、Si単結晶基板と言う）の厚肉部から成る質量部2とそれを取り囲むように配置した枠部1と、該質量部2および枠部1とを連結するSi単結晶基板の薄肉部より成る2対の互いに直交する梁状の弾性部3と該弾性部上の2つの直交する方向（Xと

Y）及び該弾性部3に垂直な方向（Z）に対応するように設けられた各軸複数のピエゾ抵抗素子群10とから構成される。また、該弾性部3は図9に符号5で示したように薄肉部に貫通穴を設けることによって梁形状とされており、変形しやすく、高感度化に向けた構造となっている。その検出原理は、中央の質量部2が加速度に比例した力を受けて変位したときの弾性部3のたわみを該弾性部に形成されたピエゾ抵抗素子群10の抵抗値変化として検出することで3軸方向の加速度を検出するものである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記の半導体加速度センサでは、高感度化するには、質量部2の体積を大きくする、弾性部3の長さを長くすることが効果的で、感度はほぼ両者に比例して増加することは一般に良く知られている。すなわち、質量部2の体積を大きくする、また、弾性部3の長さを長くすることによって、弾性部3はより変形し易くなりピエゾ抵抗素子へ応力を効果的に伝えることができ感度が上がる。しかし、加速度センサの外形寸法を一定とした場合、質量部2を大きくすることと弾性部3の長さを長くすることは相反することである。加速度センサの外形寸法は、枠部幅と弾性部長の倍と質量部幅を加えたものとなるため、小型化を図る事が難しい。外形寸法を一定として、質量部2を大きくすれば弾性部3の長さは短くなり、弾性部3を長くしようとすると質量部2を小さくする必要がある、感度的には大きな改善はできなかった。弾性部3と質量部2を大きくするため、枠部1の幅を小さくすることは、加速度センサの強度が低下するため限度がある。弾性部3の長さを短くせず、質量部2の体積（すなわち重さ）を増やす方法として質量部2の裏面に組立工程においてガラス片などを接着する方法や、チップを厚さ方向（Si単結晶基板の厚さ方向）に長く延ばすことで質量部2の質量を大きくする方法があったが、センサの厚みが増してしまう事と、製造工数が増えてしまうという欠点があった。そのため、小型かつ薄型で高感度な加速度センサを実現することができなかった。

【0007】本発明は、上記の事情に鑑みてなされたもので、その目的は上述の課題を有効に解決し、小型かつ薄型で、高感度化が可能な半導体加速度センサを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体型加速度センサは、シリコン単結晶基板の中央部に形成された質量部と、該シリコン単結晶基板の周縁部に形成された枠部と、前記質量部及び前記枠部の上方に設けられ、該質量部及び枠部を接続する薄肉梁状の弾性部と、該弾性部の上面側に形成された複数対のピエゾ抵抗素子とを具備してなる半導体型加速度センサであって、前記質量部もしくは前記枠部内側、前記質量部及び前記枠部内側の断

面形状が、前記弾性部に接続される上面側より下面側が大きいことを特徴とするものである。

【0009】加速度センサのビエゾ抵抗素子側をセンサ素子上面とし、反対面を下面として、加速度センサの外形状を w 、質量部の上面幅を f 、下面幅を f' 、弾性部の長さを k 、枠部の上面幅を j 、下面幅を j' とする。上面から見た場合、 $w = f + 2k + 2j$ となるが、下面から見た場合 $w = f' + 2k + 2j'$ となる構造としたものである。つまり、下面側から見たとき、弾性部の下面側の一部に質量部および枠部の一部が重なって見える構造とすることで、加速度センサの外形状と弾性部長さを変えずに、質量部を大きくする事ができるものである。

【0010】上面側より下面側幅を大きくする場合、質量部と枠部内側の両方に適用しても、質量部のみに適用しても良いものである。質量部と枠部内側の両方に適用することで、弾性部の長さを最も長くできるだけでなく、質量部と枠部内側の壁面を上面側より下面側幅を大きく加工するとき、同時に行えるという利点がある。

【0011】本発明の半導体型加速度センサは、質量部及び枠部内側の断面形状を上記弾性部に接続される上面側から下面側に向かって略直線的に広まる形状とし、該質量部断面及び枠部の内側断面の側壁角度は質量部及び枠部底面に対し、80度以上90度未満であることを特徴とするものである。

【0012】側壁角度は質量部及び枠部底面に対し80度以上で有る。80度以下の角度も取り得るが、製造的に低角度を作ることが難しいことと、あまり低角度にして弾性部の長さを長くし過ぎても、弾性部の強度が低下してしまう問題がある。80度以上88度以下がより好ましい範囲である。上面側から下面側に向かって略直線的に広まる形状の斜面部の面荒さは特に規定するものではない。また、斜面の中央部が膨らんだ形状、へこんだ形状あるいは凹凸の有る形状でも良い。その場合には、断面形状が近似的に直線となるような仮想線を引き、その線と質量部及び枠部底面のなす角度を質量部及び枠部の側壁角度と定義し、その角度を上述同様な角度とすることによってほぼ同じ効果を得ることができる。

【0013】更に質量部の形状と枠部内部の断面形状は異なっているとしても何ら問題ないものである。

【0014】本発明のように、少なくとも質量部を同一の材料で、弾性部に接続される上面側より下面側が大きい構造とすることで、弾性部の長さを犠牲にすることなく、質量部の重量を増加させることができ、高感度で小型・薄型の加速度センサが実現できる。

【0015】

【実施例】本発明の実施例について図1および図2を用いて説明する。図1は半導体加速度センサの平面図で従来例の図9に相当する図であり、図2は図1のA-A断面図で従来例の図10に相当する図である。

【0016】本実施例の加速度センサは、1素子でX、Y及びZ軸の3軸方向の加速度を同時に検出するものであり、次のような構成となっている。Si単結晶基板の厚肉部から成る中央の質量部2と、該質量部2を取り囲むように周辺に配置した枠部1と、該質量部2と枠部1とを連結するSi単結晶基板の梁状の薄肉部から成る2対の弾性部3a、3c及び3b、3dと、該弾性部上に配置された複数のビエゾ抵抗素子11、12、13、14、21、22、23、24、31、32、33、34からなる。ここで、弾性部3a、3c上の4つのビエゾ抵抗素子11、12、13、14はX軸方向の加速度を、また、他の4つのビエゾ抵抗素子31、32、33、34は素子面に垂直なZ軸方向の加速度を検出し、また、弾性部3b、3d上の4つのビエゾ抵抗素子21、22、23、24はX軸方向と直行するY軸方向の加速度を検出するように、それぞれ各軸4つのビエゾ抵抗素子は独立してブリッジ回路を構成するように結線される。

【0017】次に図2を用いて断面形状を説明する。前記質量部2の断面形状および枠部1の内側の断面形状は、前記弾性部3a、3cに接続される上面から下面に向かって角度 θ をもって徐々に広がる構造とした。このような構造とすることによって、前記弾性部3a、3cの長さを長くすることができる。625 μ m厚のSiウエーハを用いた時の、角度 θ と弾性部の長さとの関係を図3に示す。 θ を90度から84度に変更することで弾性部の長さは約130 μ m長くでき、このとき全体の弾性部の長さは約1.3倍にできた。これにより検出感度を約30%向上できた。本説明においては、中央質量部2断面の側壁角度と枠部1の内側断面の側壁角度は同じ値としたが、これは別の角度であっても同様な効果が得られた。

【0018】本実施例の製造方法について説明する。図4は、図2の中心より右半分の領域の断面を使って主要な工程を説明する図である。本実施例の製造にあたっては、弾性部3a、3b、3c、3dの厚さを高精度に制御できるようにするためにSOIウエーハを使用した。SOIウエーハとは、Silicon On Insulatorの略で、SiO₂絶縁層を介してSOI層を形成したSi単結晶基板である。すなわち、図4において、Siのベース基板60、Si活性層である表面のSOI層80および両者の間にあり、エッチングストップパーとして使われるSiO₂層70とで構成されたSi単結晶基板である。それぞれの厚さとしては、本実施例では、ベース基板60は625 μ m、SiO₂は1 μ m、そしてSOI層は10 μ mとした。

【0019】製造プロセスの最初は、まず、SOI層80の表面に、フォトリソトあるいは熱酸化SiO₂膜などをマスクとして所定形状のパターンを作り、イオン打ち込みなどの不純物拡散工程によってボロンを拡散し

10

20

30

40

50

たピエゾ抵抗素子11、12を作る(図4a))。表面不純物濃度としては、温度特性および感度の両方の観点から、約 2×10^{18} 原子/cm³を選んだ。

【0020】次にピエゾ抵抗素子11、12の保護を目的として、保護膜41を作製する(図4B))。保護膜41としては、一般に半導体で使われているSiO₂とPSG(Phosphorous silicated glass)の多層膜を使い可動イオンのゲッターリング効果を持たせている。SiO₂とPSGの2層膜の代わりにSiO₂とSiNの2層膜を使ってもよい。保護膜41の厚さは、できるだけ薄くして応力を小さくした方が高感度化の点では好ましく、0.3~0.5μmとした。

【0021】次にピエゾ抵抗素子11、12の両端部上の保護膜41に電極接続用のスルーホール40aをフッ酸を主体にした湿式エッチングにより形成した(図4c))。電極配線を作るために、まずスパッタによりアルミニウム合金(アルミニウム、銅、Siなどが主組成である)を成膜する。厚さは、0.3~0.5μmとした。フォトリソエッチングにより引き出し電極40を形成した(図4d))。図示できないが、図4a)に示したSOI層80をドライエッチング法等によりエッチングして、図1に示した薄肉部への貫通パターン5を形成し、梁状の弾性部3cを形成した。

【0022】次に裏面のベース基板60に、両面アライナー装置を用いて表面のピエゾ抵抗素子11、12や上記のSOI層80への貫通パターン5等との位置をあわせて質量部2および枠部1の形状にフォトリソマスクを形成し、ドライエッチング法でベース基板60をエッチングし、更にエッチングストッパーのSiO₂層70を湿式エッチングで除去した(図4e))。θは84度とした。このドライエッチング方法としては、SF₆ガスを主体とするエッチング工程とC₄F₈ガスを主体とするポリマーを側壁に付着させる工程とを繰り返す方法を用いた。また、SiO₂のエッチング液にはバッファードフッ酸を用いた。

【0023】ウエーハ上に形成した多数の加速度センサ素子をダイサー等を用い、1つ1つのセンサ素子に切断し、パッケージング等の組立工程を経て、半導体加速度センサを完成させた。

【0024】本実施例になる半導体加速度センサによれば、チップサイズを変えずに、中央の質量部2の体積を維持したままで、弾性部の長さを約1.3倍にでき、それに比例して感度を約30%向上できた。

【0025】本発明の他の実施例を図5a)からd)に示す。本図は、X軸方向の断面図を示すものである。同一部には同じ符号を付したが、図b)からd)は省略した。a)は、質量部と枠部内側の壁面を凹曲面形状にしたものである。b)は質量部と枠部内側の壁面を凸曲面形状にしたものである。c)は質量部と枠部内側の壁面を階段状形状にしたものである。d)は質量部と枠部内側の壁面を多曲面形状にしたものである。質量部と枠部の断面形状が図5a)からb)に示したような凹面、凸面あるいは凹凸のある形状である場合には、断面形状を近似的に直線とするような仮想直線を引き、その線と質量部及び枠部の底面とのなす角度を断面の側壁角度と定義し、この角度を先に説明した第1の実施例と同様な値に制御することで同様な効果を得ることができた。

【0026】

【発明の効果】以上、説明したように、質量部もしくは枠部内側、質量部及び枠部内側の断面形状が、弾性部に接続される上面側より下面側が大きい形状とすることで、外形寸法は一定で弾性部の長さを長くでき、質量部の体積を大きくすることができるため、小型・薄型で高感度化が可能な半導体加速度センサを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体加速度センサの平面図である。

【図2】本発明の半導体加速度センサの断面図である。

【図3】本発明の角度と弾性部の長さの関係を示すグラフである。

【図4】本発明実施例の製造方法を示す主要工程図である。

【図5】本発明の他の実施例を断面図である。

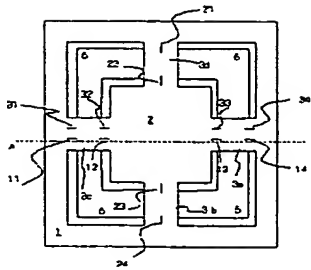
【図6】従来の半導体加速度センサの平面図である

【図7】従来の半導体加速度センサの断面図である。

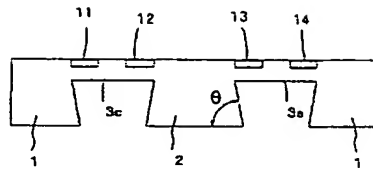
【符号の説明】

1 枠部、2 質量部、3 3a 3b 3c 3d 弾性部、10 ピエゾ抵抗素子、11~14 21~24 31~34 ピエゾ抵抗素子
60 SOIウエーハの支持基板、70 エッチングストッパー用SiO₂層
80 SOI層、41 保護膜、40 引き出し電極、40a 保護膜41に設けたスルーホール、42 外部接続端子、5 SOI層にエッチングで設けた貫通パターン。

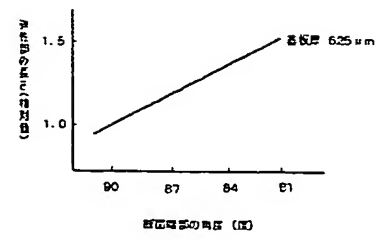
【図1】



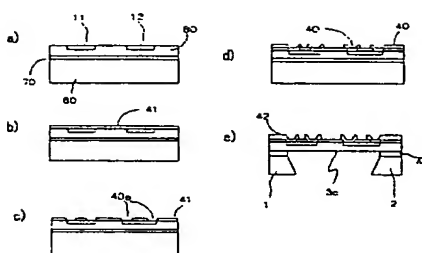
【図2】



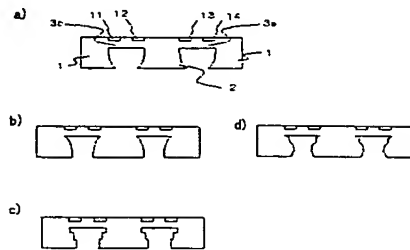
【図3】



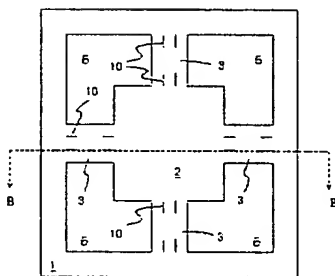
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

